第４部　　メンテナンス編

第１０章　電極の管理・品質の長期安定化

１０－１　電極チップ材料の種類とは？

スポット溶接用電極は電流供給と電極加圧力伝達の２つの役割を持っており，電流により溶接部付近に発生した熱はナゲットを形成するために利用された後，被溶接物中に伝導したり空気中に放散するが，大部分は電極チップに伝達されるため電極チップの温度は上昇する。

電極チップ先端径の単位面積当たりの電極加圧力の値が１００N／㎟（約10 kgf/㎟）程度になると，電極材料によっては降伏点を越えるものもある。

さらに溶接時の電極チップ先端温度は約 300～ 700℃と推定されており，相当の高温で打点ごとに繰り返し強い力を受けることになるため，高温硬さを確保できる材料の選定が必要となる。

したがって抵抗溶接の電極材料には，以下の特性が要求される。

(1) 高熱伝導性

(2) 高導電率

(3) 軟化特性温度（その温度に２時間保持したのち，常温で測った硬度が最初の硬度の８５%以上であるような最高の温度）

(4) 高温における高い機械的特性

電極材料はＪＩＳ　Ｚ　３２３４において常温における材料の引張強さ，伸び，硬さ，導電率のほか軟化特性温度が規格化されており，表１０．１に示すように１～５種類に分類，規定されている。

上記の特性のうち高温硬さについては測定装置などの問題により，まだ規定されていない。

表１０．１　電極材料一覧

種類	導電率 (%IACS)	硬さ (HR_B)	特　性	適用例（用途）	RWMA (CLASS.)
１種 (カドミウム銅 ジルコニウム銅)	85以上	65以上	導電率，熱伝導率共に純銅に近く常温硬さ，高温硬さは純銅より改善されている。（被熱処理型合金）	アルミニウム合金，マグネシウム合金，金属被覆材（鉛、錫，合金化亜鉛，カドミウムの各めっき材）黄銅，青銅に対して推奨される。	1
２種 (クロム銅)	75以上	75以上	抵抗溶接電極として優れており，一般的に利用されている。（熱処理型合金）	軟鋼，低炭素鋼，低電導黄銅類，青銅，亜鉛めっき鋼，ステンレス鋼等最も広範囲に推奨される。	2
３種 (銅に次のいずれかの要素　ベリリウム，クロム，コバルト，ニッケル，シリコン，銀を含んだ合金)	45以上	90以上	高い応力の掛かる電流通電機構部品と，使用率の高い偏心電極ホルダに対して推奨される。（熱処理型合金）	一般的に、高い電気抵抗を持ったステンレス鋼のような板材のスポット溶接に推奨される。また電極材料としてチップ，ベース，アーム，アダプタ等に利用される。	3
４種 (ベリリウム銅)	20以上	33以上 (HR_C)	導電率，熱伝導率は低いが，特に高い硬度と抗張力を持っている。一般的に直接電極としては用いられない。（熱処理型合金）	スポット溶接機ではキャップ電極のシャンク，アダプタ，電極アーム，Ｌ型電極ホルダに，またプロジェクション溶接機では電極台等機械的強度が必要な部分に使用される。	4
５種 (分散強化合金)	75以上	75以上	導電率は純銅に近いにも拘らず，溶融点近くまで高い硬度を維持しており，抵抗溶接電極材として優れた性質を有する。	軟鋼をはじめ亜鉛メッキ鋼板，ステンレス鋼等広範囲に利用されている。特に溶接時の溶着が従来のクロム銅や，ジルコニウム入りクロム銅と比べて極めて少なく表面処理鋼板用として優れている。	２０

１０－２　電極寿命とは？

抵抗溶接における電極寿命は最も重要な管理項目であり，使用限度を越えると接合不良が発生するばかりでなく，電極交換（ドレッシング）頻度が多くなると生産性にも大きな影響を与えることになる。

電極寿命は基準ナゲット径，または基準せん断強さを下回ったときの打点数をもって判定し，電極寿命に相当する打点数の 0.5～ 0.7倍の打点数を管理の目安として電極チップ先端をドレッシングするか，新品と交換するのが通常であるが，重要保安箇所ほどこの比率を小さくする。

電極寿命に影響を与える主要要因として電極材料，電極形状，被溶接材，溶接条件（特に溶接電流値）があるが，このほかに以下のものについても考慮しなければならない。

(1) 被溶接板の板厚差による板内部のジュール発熱状態
(2) 被溶接板の表面状況，表面処理（塗装など）の有無，および表面めっき材料の種類（電気亜鉛めっき，合金化溶融亜鉛めっき，溶融亜鉛めっき）
(3) 溶接機の電極加圧機構（直上加圧または偏心加圧）や，電極の構造から起こる電極の滑りによる変形
(4) 上部電極部の被溶接板への衝突速度
(5) 冷却水条件（水量，水温）

電極寿命の見極め基準についてはナゲット径の減少，せん断強さの低下以外に電極の観察による先端部の劣化，被溶接板表面の観察による表面状態の劣化などにより判断することも必要である。

１０－３　電極のドレッシングと交換とは？

スポット溶接の連続作業により電極先端は加熱されて酸化が進み接触抵抗が増大してくるが，特にアルミニウム合金やめっき鋼板の溶接においては，めっき物のピックアップが生じやすくなる。

溶接電流を一定にしても先端の面積が増加すると，電流密度も減少し溶接不良の要因となるため，連続溶接途中で定期的に電極チップ先端をドレッシングし，常に初期的状態に近い状態に戻してやることが必要である。

ドレッシングは電極表面の汚れを落とすだけでなく，先端形状も初期のものと同形状となるよう成型する必要があり，あらかじめ電極チップをドレッシングしておくか，新品の電極をたくさん用意しておき定期的に交換するか，あるいは専用工具ややすり，または成型工具（ドレッサ）を用いてその都度ドレッシングするかのいずれかの方法から選択する。

成型工具はいろいろな物が市販されており，電極先端径，先端形状，電極加圧力に応じて型式を選択するとよい。

プロジェクション溶接は上下電極間の平行度が重要となるため，ドレッシング時は電極を取り外して機械的に切削（研磨）し，個々の部品の平行度を維持する方法が取られている。

日常の電極管理において，スポット溶接では電極チップ間のすり合わせが必要となる場合があり，一方プロジェクション溶接における電極間平行度は，市販の感圧紙やカーボン紙を使用し，これを電極間に挟み低い電極加圧力で加圧しその陰影によって簡単に確認することができるため，作業開始時や電極交換時に励行すると効果がある。

１０－４　電極の使用限界は？

電極はドレッシングにより再生され繰り返し使用可能であり，ドレッシング毎に先端部は削られ短くなっていくが，電極先端部の冷却が不十分であると，高温に晒される電極先端部の軟化が進みドレッシング間隔は短くなる。

一般的に電極の使用限界は水冷端距離（図４．１６参照）により決定され，この寸法は電極加圧力の大きさで変わるが，電極加圧力による陥没を考慮して５㎜以上が望ましい。また電極のドレッシング代は十分であっても上下電極間隔と最大ストローク寸法は溶接機によって異なるので，最大ドレッシング時の加圧代を考慮に入れてドレッシング限界値を決定しなければならない。

使用限界の目安として，電極に使用限界線を入れておくのも一つの方法である。

１０－５　電極の冷却水流量，水頭損失とは？

電極先端は溶接中に高温となり，溶接時の温度上昇を抑制するために水冷を必要とする。また同時に高加圧力を受けるため，電極先端の冷却が十分でないと変形や損耗が著しくなり，溶接不良やピックアップを引き起こす要因となるので，電極内の水冷管から噴出する冷却水の流量および冷却水温度の維持が，電極寿命や溶接品質の安定と機器の寿命を長く保つために重要となる。

電極の水冷は，冷却効果を高めるために流量の確保だけでなく，図１０．１に示すような水冷管ギャップを正しく管理することが大切である。

なお冷却水使用にあたり一般的に以下の点を守らねばならない。

(1) 電極１本当たりの冷却水量は打点速度，溶接電流，被溶接材の板厚などによるが，毎分２ℓ 以上が望ましい。

(2) 冷却水の入り口温度はＪＩＳ　Ｃ　９３０５で３０℃以下と規定されてるが，電極寿命延長のためには入り口水温はできる限り低く，また入口と出口の温度差は５℃以内であることが望ましい。

冷却水管の先端は図１０．２に示すように，水平に切断された形状のものを使用すると，この先端が電極の冷却水穴の底と接する状態となった場合に冷却水の流れを阻害することになるため，必ず角度を付けた先端形状のものを使用しなければならない。

また冷却水配管の管内ロスによる水圧低下もあるため，水圧の確保も重要であり，通常の定置式スポット溶接機では「給水口と排水口における圧力損は69 kPa (0.7kgf/㎠) 以下で，使用する冷却水系統部分は 290 kPa (3.0kgf/㎠) の水圧に耐えるものとする」と同上のＪＩＳに規定されている。しかし機種によってより高圧が必要な場合もあるので，循環式冷却ポンプにより複数台の機器を使用する場合はこのことを考慮しポンプの選定を行わなければならない。

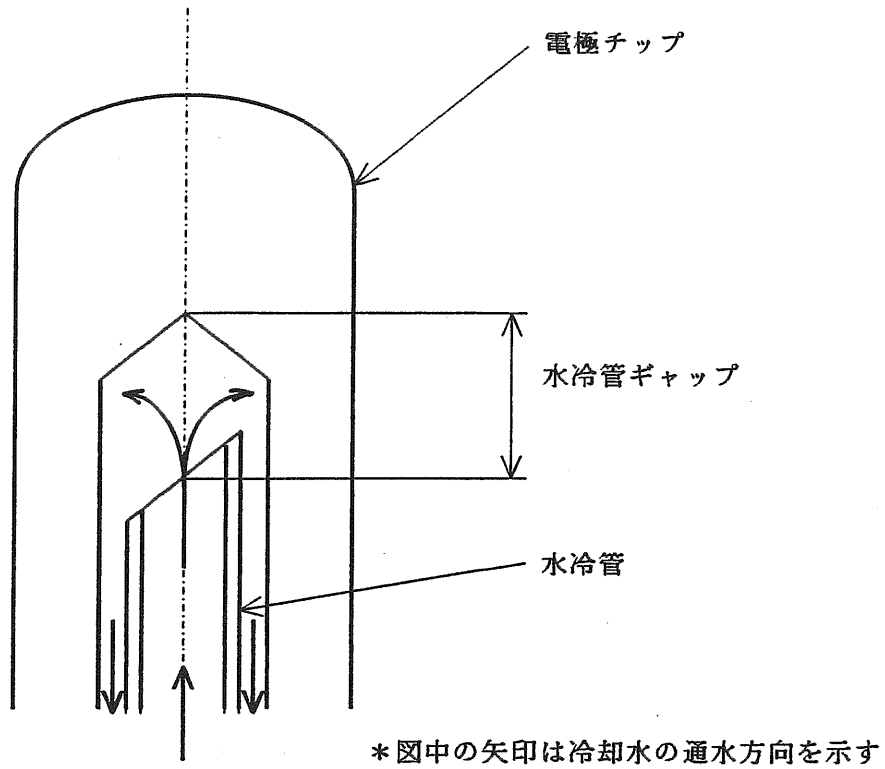

図１０．１　水冷管ギャップ

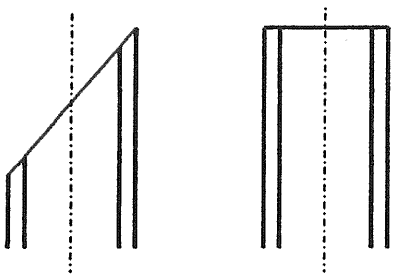

図１０．２　冷却水管端面の形状

第１１章　保守・管理

１１－１　溶接機の保守・点検とは？

一般に溶接機を保守・点検する目的は「初期の性能を継続して維持する」ことであり，日常点検のほか，定期点検（月，半年，年），および不定期点検が行われる。

保守・点検修理作業はこれについての有資格者や，溶接機メーカによる教育，または社内教育の受講者で溶接機の特徴や性能，動作原理および安全面において良く理解している者によって，取扱説明書を熟読した上でかつ安全に配慮し行わなければならない。

実作業に当たっては入力電源が投入されていたり，エアーが供給されていることがあるため，感電や機器に挟まれたりすることのないよう気をつけなければならない。特に機器内部の電解コンデンサは，電源を切っても充電電圧が残っている場合があるので，点検，交換，修理前に必ず電圧を確認する。やむをえず安全装置や保護装置を外す場合は，別に資格のある監視者をおき，その監視者の下に作業するとともに，有事の際の責任を明確にしておくことが肝要である。また２人以上での共同作業の場合は，互いの意志を確認しながら行わなければならない。

保守・点検はチェック・シートを利用し作業内容と合わせて記録することにより，データとして溶接機の特徴や傾向分析が可能となり，以後の保守管理に役立つ。日常点検と定期点検内容について，その例を次に示す。

(1) 日常点検

表１１．１のほかに，実作業に入る前に空打ち動作によるタイマ，シリンダの動作確認，および溶接テストによる評価を行う。

(2) 定期点検項目

使用頻度により月～年に区分し作業を行うが，表１１．２にその例を示す。このほかに定期点検では部品類の目視による確認，機器内部の清掃なども含まれる。

消耗品類は定期的に早めの交換を行うとよい。

表１１．１　日常点検項目例

項　目　分　類	点　　検　　内　　容
外　観	スイッチ類の操作，ランプ類の点灯，ファンの回転，異音，異臭，二次ケーブルの緩みおよび断線
空気元圧	設定圧力
冷　却　水	通水，水漏れ，冷却水温度
電極（ホルダ）	電極チップの長さ，先端形状，表面状態，上・下のずれ，滑り，電極間平行度

表１１．２　定期点検項目例

項　目　分　類	点　　検　　内　　容
機構関係	ピストンのＯリング，シリンダ軸受けパッキンの摩耗，電極部やホルダのたわみと滑り，二次回路ボルトの緩み，電極ホルダ・テーパ部の表面状態二次ケーブルの緩みおよび断線
電気関係	スイッチ類の操作（特に起動，非常停止），ランプ類の点灯，ヒューズ類，可動部接点接触面の荒れおよび接触状態
空気配管関係	減圧弁動作，圧力計の指示値，エア漏れ，エアフィルタ・ドレン
入力線・接地関係	入力線およびアース線被覆，ボルトの緩み，断線
冷却水関係	水漏れ，流量，フィルタ目詰まり，錆，また定期的な循環水交換を含む
給油関係	シリンダ給油，摺動部潤滑，オイラ油
測　定	絶縁抵抗，加圧力，二次回路短絡電流，通電時間

１１－２　保守・点検に必要な計測器とは？

溶接機の定期点検に関し測定に必要な器具は表１１．３の通りである。

各項目の測定に当たっては，計測器の定期点検（校正）を並行して行うことが必要である。

絶縁抵抗の測定方法は以下の通りとするが，実際の測定に関する詳細は，メーカに問い合わせるとよい。

その他の測定については，第９章を参照願う。

測定箇所は以下の３か所とするが，(2),(3) 項は冷却水の影響により正しい値が測定できない場合がある。（絶縁抵抗はＪＩＳ　Ｃ　０７０４を参照）

(1) 入力端子　－　接地端子（本体フレーム）間

(2) 出力端子　－　接地端子（本体フレーム）間

(3) 入力端子　－　出力端子間

測定に当たっては以下の点について注意する必要がある。

(1) 溶接機によっては電磁接触器の接点を強制短絡しておかないと，入力端子と変圧器が接続されない場合がある。

(2) 溶接変圧器および制御回路の水冷部品は，エア・ブローにより水抜きを行う。

(3) 高電圧により破損の恐れがある部品は，保護処置を行う。

(4) 測定中は測定箇所に直接触れないようにする。

表１１．３　定期点検に必要な測定器類

測定項目	測定器類
絶縁抵抗	ＤＣ 500Ｖ絶縁抵抗計
電極加圧力	電極加圧力計
溶接電流 （二次短絡電流）	溶接電流計
通電時間	溶接電流計

１１－３　冷却水流量・水質管理の必要性は？

電極の冷却水量，水頭損失については前節で述べたが，溶接機に使用される冷却水は電極部のほか，溶接変圧器，二次ケーブル，およびサイリスタなどの冷却に使用されるため適正な冷却が行われないと，溶接変圧器や二次ケーブルの温度上昇により抵抗が増大し，この結果，溶接電流低下を招いたり，制御系のトラブルを引き起こすことになる。

冷却水流量は溶接機器それぞれの電気容量や構成により，また打点速度，溶接電流，被溶接材の材質，板厚，冷却水管の経路，冷却効率などによっても変わるため一般式で定量的に示すことは難しいので供給総流量，および各部分への適正流量は，取扱説明書に明示されている冷却水量を確保することが肝要である。

電極部と溶接変圧器を含むその他の回路が一緒と成っている機器については，全流量が確保できていても各部分への分流が不十分な場合があるので特に注意しなければならない。

冷却水を使用する溶接機において，適正流量が確保出来ない場合に備えて検出機能が設けてあるものもあり，その種類は以下の３つに分類される。しかしいずれも完全な方法ではないため，日常の管理および点検が必要である。

(1) 流量検出：検流計により流量自身を検出できるが，水質悪化による誤動作に留意する必要がある。

(2) 水圧検出：出口側の水圧測定により間接的な検出を行うことができ，誤動作は少ないが流量確保の確認はできない。

(3) 温度検出：冷却回路内の温度上昇の検出が可能であるが，電極部自体の温度上昇の検出はできない。

一方溶接品質を維持するには，冷却水の水質管理も重要である。

抵抗溶接機のＪＩＳ　Ｃ　９３０５には，「主回路に使用するサイリスタ用冷却水の電気抵抗率は5000Ω・㎝以上でその水質は工業用水に準じたものとする。ただし，水冷部が絶縁されているサイリスタに用いる冷却水についてはこの限りではない」と規定されている。

この規定がある理由は，近年電気機器による感電防止や電気火災防止のため

に漏電しゃ断器の取り付けが義務づけられている場合が多く，溶接機主開閉器に水冷式のサイリスタを使っている場合は，冷却水を通じて主回路が地絡（漏電）するため，ここに規定された値以下に冷却水の電気抵抗が小さくなると地絡電流が大きくなり，漏電しゃ断器が作動して溶接作業ができなくなる恐れがあるからである。

冷却水を循環させて繰り返し使用する場合や，地下水を使用する場合には上記のような問題を生じやすくなるが，これは不純物の含有量が増えることにより電気抵抗率が5000Ω・cm以下になることに起因するためであり，このような場合は電極チップや溶接変圧器を冷却する回路とサイリスタの冷却回路を区分けし，後者は良質の水を使用するか，熱交換器を使って水を冷却することにより冷却水循環回路を絶縁するなどの対策を取らねばならない。

以下に冷却水の供給方法とその管理について述べるが，冷却水の供給方法は上水道水を使い捨てにする場合と，循環方式による場合（工場全体で循環するか，または機器専用の循環式冷却ポンプを使用する場合もある）の２つに区分けされる。

(1) 上水道水の使い捨て方式

経費が掛かるので一般的ではないが，使用に当たっては必要最低限の流量を決め，水を無駄使いしないためにも装置停止中は冷却水バルブにより冷却水を止めるが，寒冷地では水抜きが必要な場合もある。

(2) 循環方式

循環水の定期的交換とともに以下の５項目について日常の管理が必要である。

1) 流量確保　（特に複数台の機器を使用する場合）
2) 水温維持　（給水口温度を30℃以下とし，夏，冬での温度差に注意）
3) 水圧確保　（ポンプの出口で所定の水圧確保が必要）
4) 水質汚れ　（タンク内の定期的な水の交換，およびフィルタの清掃を行い，水の電気抵抗率に注意，また錆の点検も行う）
5) 凍結防止　（不凍液を使用する時は水との混合比に注意，寒冷地では水抜きが必要な場合もある）

１１－４　どんなトラブル対策が必要か？

機器のトラブルの発生率を下げるには，定期的な保守点検が重要である。しかし日常点検や部品のチェック・交換によりできる限りトラブルを未然に防ぐことができても，予期せぬ異常が突発的に発生することもある。

この場合，迅速に正しい処置を行わなければならないが，異常時の現象を的確に捕らえることがその後の処置に役立つことが多い。

溶接機のトラブルの原因は，大別すると次のようになる。

(1) 溶接機の故障に起因する問題

電気関係の異常は漏電や感電，はては火災に至ることがあり，また機械空気系については人体を挟まれる恐れがあるので，すみやかに入力電源を遮断しその後の処置を検討した上で改修を行うが，このとき安全第一を最優先としなければならない。

また空気加圧系の故障は，加圧シリンダが下降してくる恐れもあるので，残圧排気後に作業を行うことが肝要である。

(2) 作業者の操作ミスに起因する問題

取扱説明書の熟読や作業標準の見直し，および作業者の再教育などにより対処するが，とくに作業者の安全に関わることに対しては十分な配慮が必要となる。

なお溶接状態や溶接結果が従来とちがうというような溶接施工的な異常については，溶接条件設定（電極加圧力，電流値，通電時間，電極形状その他）のミス，および被溶接物と溶接条件のミス・マッチに起因していることがあるので，始業点検や段取り変更時に注意が必要となる。いずれの場合も取扱説明書の「異常処置」を参考にするか，メーカに相談し正しい判断および処置を行うことが望ましい。

第１２章　作業環境と安全

１２－１　安全に対して管理者が守らねばならないことは？

メーカ各社には溶接機に限らずそれぞれ安全に関しての管理マニュアルがあることと思われるので，以下のことを加味しより良いマニュアルを作成願いたい。

(1) 溶接機導入時にその特徴，仕様，性能，動作原理についての理解を深め，作業者に対して定期的に安全および技能教育を行うとともに，不安全行為があった場合は直ちに指摘し，是正しなければならない。
スポット溶接機において安全対策を実施する場合，以下の項目がポイントとなる。

1)プレス機構（加圧部，クランプ部）の対策において，起動スイッチは両手による作業を原則とし，やむをえず片手作業やフットスイッチを使用する場合は非常停止スイッチやエリアセンサによりいつでも動作を停止し，プレス機構を解放させなければならない。
また電極交換や成型時は冷却水を止めるとともに，必ず制御電源を切ることを励行する。

2)溶融金属の飛散（散り）に対するカバーの取り付け，保護具の着用，および散りの出ない溶接条件の設定を行う。

3)感電に対する溶接機本体の確実な接地，および漏電ブレーカを設置する。

(2) 設置場所の作業環境を整備し，作業場所を確保するとともに常に整理整頓がされていなければならず，溶接時にヒュームが発生する場合はその除去対策とともに十分な換気を行わなければならない。
また散りが発生する恐れのある場合は，火災や爆発の危険性があるため，溶接場所の近くから可燃物を取り除くか，カバーで覆うなどの処置が必要となる。なお溶接機は特に指定がない限り，周囲温度は０℃～40℃の範囲で使用するよう製作されていることに留意すること。

(3) 作業手順に関するマニュアルを作成し，誰でも共通作業ができるようにする。

(4) 心臓のペースメーカやその他の生命維持装置を使用している人を，溶接作業場所に近付けてはならない。

(5) 産業用ロボットを使用する場合は，稼働中に人が入れないように周囲に安全柵を設け，出入り口扉には稼働中表示ランプを取り付けるとともに，インターロック機能（安全プラグ）を持たせる。
また取り扱いにおいては必ず講習を受けたものが行うものとする。

(6) 定期的に安全点検作業（保守・点検を含む）を実施し，溶接機の初期的性能を維持するとともに常に安全に対する配慮を心掛けなければならない。

１２－２　作業者の守るべき安全項目と内容とは？

溶接機の使用に当たりその取り扱いにおいて，機器の特徴や操作方法を会得することと合わせて，安全上守らなければならない事項がある。

溶接機には「取扱説明書」もしくは「添付冊子」が付いていて，その中に溶接機を取り扱う上での安全上の注意事項が記載されているので，十分理解した上で使用しなければならないが，ここでは安全についての基本的な事項について述べる。

(1) 電源を［投入／しゃ断］したり圧縮空気を「供給／停止」する場合は，溶接機周辺の安全を確認する。

(2) 作業内容により適切な保護具を着用する。
（眼鏡，手袋，長袖服，帽子，安全靴，防音具，マスク等）

(3) 電極および可動部の間に手，指，腕などを入れないよう注意する。

(4) 溶接機器のケースやカバーを外したまま作業しない。

(5) 溶接直後の被溶接物は熱いことがあるので，火傷に気をつける。

(6) 溶接機内部は高電圧がかかっているので，手を触れない。

(7) 溶接機を使用しない時は，全ての装置の電源を切り，残圧バルブ等で圧縮空気を排気し，冷却水を止める。（寒冷地では必要に応じ水抜きを行う）

(8) 溶接機に異常がある場合は直ちに作業を止め，管理者または保守管理担当者に連絡する。

１２－３　溶接機の接地とは？

溶接機内部には溶接変圧器や，制御用サイリスタが配置されており，これらが十分絶縁されていなければ漏れ電流による火災や感電の危険があるが，回路構成上どうしても絶縁できない部分があり，機器によっては僅かな漏れ電流が流れることがある。このため二次回路を含む溶接機本体や別置電源部には，必ず接地をするための端子が設けてあり，その付近に図１２．１のような表示がされている。

接地線は14㎟ 以上の導線を用い，電気工事士の資格者により入力 200Ｖ系は第三種接地工事を，入力 400Ｖ系は特別第三種接地工事を確実に行う。なお工事に当たっては電気設備技術基準を参照願う。

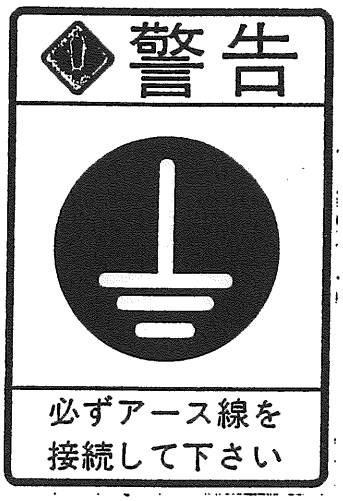

図１２．１　接地表示

１２－４　ノイズ・電波障害とは？

電流回路を通電したりしゃ断すると，そこからノイズが電波となって飛び出したり，電源系統を伝わって他の機器に飛び込んで影響を及ぼすことがある。これらのノイズはテレビやラジオにビート音を発生させたり，電子機器やコンピュータの回路を誤動作させたりすることがある。

ノイズの伝播ルートはおおまかに次の２通りがあり，いずれの場合も極力外部に漏れないよう対策する必要がある。

(1) 溶接ガンおよびケーブルから空中に電波として飛び出す場合は，溶接機全体や作業場所をできるだけ金属シールドし，電波として飛び出したノイズをシールド板で吸収し大地に逃がす。（シールド板は第三種接地を施す）

(2) 電源系統より高周波として逆流し，他の機器に電源ラインより飛び込む場合は，溶接電源入力部にノイズフィルタを入れ，ノイズが外部に流出しないようにするが，電子材料の進歩によりノイズフィルタは各種の電流制御素子専用のものが実用化されており，電流容量も 600Ａ程度までシリーズ化されている。